

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Oktober 2005 (13.10.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/096461 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01S 3/086**, (3/034)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/000510

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. März 2005 (18.03.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 014 815.5 24. März 2004 (24.03.2004) DE

(71) Anmelder und

(72) Erfinder: TAUFENBACH, Norbert [DE/DE]; Bürgermeister-John-Weg 34, 24340 Eckernförde (DE).

(74) Anwalt: KLICKOW, Hans-Henning; Jessenstrasse 4, 22767 Hamburg (DE).

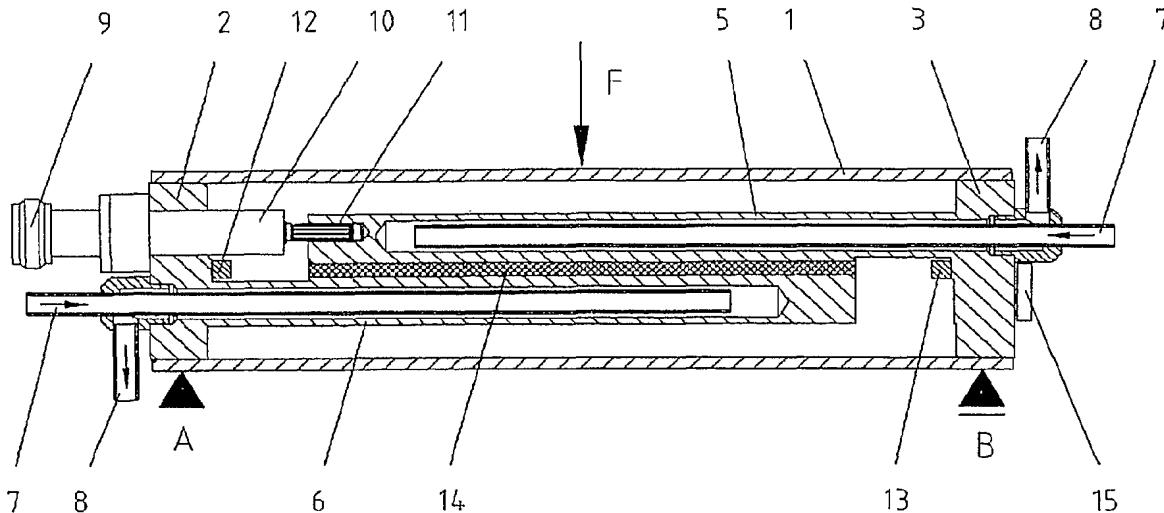
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: GAS SLAB LASER

(54) Bezeichnung: GAS-SLABLASER



(57) Abstract: The invention relates to a gas slab laser comprising a gas-filled chamber limited by a housing (1, 2, 3). The laser is provided with at least two high-frequency excited electrodes (5, 6) that extend into the housing and overlap. The electrodes define a discharge chamber (14). The laser is additionally provided with resonator mirrors (12, 13). In order to adjust the laser, the spatial arrangement of the electrodes and the resonator mirrors is optimized. Adjustment is carried out by applying a force (F) in the housing so that the spatial arrangement of the resonator mirrors is optimized as a result of the bending of the housing caused by the application of force. Deformation of the housing can occur plastically or elastically by maintaining the deforming forces.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Gas-Slablaser mit einem durch ein Gehäuse (1, 2, 3) begrenzten gasgefüllten Raum. Der Laser ist mit mindestens zwei durch Hochfrequenz angeregten Elektroden (5, 6) versehen, die sich in das Gehäuse hinein erstrecken und einander überlappen. Die Elektroden begrenzen hierbei einen Entladungsraum (14). Der Laser ist darüber hinaus mit Resonatorspiegeln (12, 13) versehen. Zur Durchführung einer Justierung des Lasers wird die räumliche Anordnung der Elektroden sowie der Resonatorspiegel optimiert.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/096461 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Gas-Slablaser

Die Erfindung betrifft einen Gas-Slablaser nach dem Oberbegriff des Hauptanspruches.

Gas-Slablaser sind beispielsweise durch die DE 198 52 284 bekannt. Ihre Geometrie zeichnet sich dadurch aus, daß zwischen zwei zueinander im wesentlichen parallelen plattenförmigen Elektroden ein schmaler Entladungsraum für ein Lasergas gebildet wird, das durch eine an die Elektroden angelegte Hochfrequenzspannung angeregt wird. An den sich gegenüberliegenden Stirnseiten des durch die Elektroden gebildeten schmalen Entladungsraumes sind zum Erzielen einer Laserwirkung Resonatorspiegel angeordnet.

Die Konstruktion gemäß dem oben genannten Stand der Technik ist zudem konstruktiv soweit vereinfacht, dass sich mindestens zwei Elektroden in das Rohrgehäuse erstrecken, einander überlappen und einen Entladungsraum bilden, wobei die Elektroden jeweils an den gegenüberliegenden Enden des Rohrgehäuses gehalten werden, die Spiegel zu den Elektroden unbeweglich angeordnet sind und die Elektroden gemeinsam mit den Spiegeln zueinander justierbar sind.

Die Justierung der Spiegel geschieht über Justierelemente, die außerhalb des hermetisch verschlossenen Lasergasraumes angebracht sind. Dies ist möglich, weil die Enden des Gehäuse über ein Federlager beziehungsweise einen Balg miteinander verbunden sind.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, die oben genannte Konstruktion weiter zu vereinfachen, indem auf

die Justierelemente und/oder auf das Federlager verzichtet wird.

Die Justierbarkeit der Resonatorspiegel kann dann durch mindestens eine der folgende Maßnahmen erreicht werden:

A. Das Justieren des Resonators geschieht, indem das Rohrgehäuse und/oder die Endflansche und/oder die Spiegel tragende Struktur plastisch verformt werden und somit die nötige räumliche Ausrichtung der Resonatorspiegel zueinander erreicht wird. Dieses kann zum Beispiel durchgeführt werden während der Laser im Probefeld eingeschaltet wird und dabei die optimale Justage mittels Laserleistungsmessung gefunden wird. Auch eine Justage Findung über einen Pilotlaser oder Positionsmessung der Resonatorspiegel ist möglich. Die plastische Verformung der Laserstruktur kann zum Beispiel durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- a) Einpannen des Lasers in eine Verformungsvorrichtung, welche hochpräzise große Kräfte aufbringen kann und somit das Rohrgehäuse und/oder die Endflansche des Laser über den elastischen Bereich hinaus plastisch verformt.
- b) Justierung des Lasers durch Kugelstrahlumformen. Kugelstrahlumformen wird zu Beispiel in der Raketentechnik für das Formen der Ariane-Tanks eingesetzt.
- c) Gezieltes Aufheizen bestimmter Bereiche der Laser-Struktur um dadurch eine plastische Verformung zu erreichen.

B. Das Justieren des Resonators geschieht gemäß einer Variante, indem das Rohrgehäuse und/oder eine die Endflansche und/oder die Spiegel tragende Struktur durch Aufbringen einer ständigen Kraft elastisch verformt werden und somit die nötige räumliche Ausrich-

tung der Resonatorpiegel zueinander erreicht wird. Dieses hat zudem den Vorteil, dass die Justage des Resonators durch Ändern der Kräfte im Betrieb des Lasers angepaßt werden und somit geregelt werden kann. Die elastische Verformung der Laserstruktur kann zum Beispiel durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- a) Aufbringen einer Kraft durch eine ständige Federkraft gemäß Fig.2 mit der Kraft F und den Widerlagern A und B.
- b) Aufbringen einer Kraft durch elektrische Elemente wie zum Beispiel Piezo's oder Elektromagneten.
- c) Aufbringen einer Kraft durch ein Medium wie zum Beispiel durch Druckluft oder Hydraulik.
- d) Aufbringen einer Kraft über Heizelemente, die das Gehäuse des Lasers einseitig aufheizen und somit Kräfte einbringen.
- e) Aufbringen einer Kraft durch Permanentmagneten.
- f) Aufbringen einer mechanischen Kraft, beispielsweise durch eine Spannschraube.

C. Die exakte Ausrichtung des Resonators geschieht gemäß einer weiteren Variante, indem mindestens ein Endflansch oder ein Spiegel erst nach dem Justieren fixiert wird. Dieses kann zum Beispiel durchgeführt werden, während der Laser im Probefeld eingeschaltet wird und dabei die optimale Justage mittels Laserleistungsmessung gefunden wird. Auch eine Justagefindung über einen Pilotlaser oder eine Positionsmessung der Resonatorpiegel ist möglich. Hierfür kann eine Justagevorrichtung verwendet werden, die nach dem Justieren des Resonators und nach dem Fixieren der die Spiegel tragenden Strukturen entfernt wird. Die spiegeltragenden Teile, wie zum Beispiel die Endstücke 2 und 3, können dann zum Beispiel durch Klemmen, Kleben, Löten oder Schweißen fixiert werden. Es ist auch eine

automatische Justage möglich, beispielsweise unter Verwendung einer Justageeinrichtung mit einer Computersteuerung. Die Geometrie des Resonators wird hierbei durch geeignete Stellantriebe verändert.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus nachfolgender Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung. Dabei zeigt:

Fig. 1: einen erfindungsgemäßen Laser für einen externen Kühlkreislauf in teilweise geschnittener Ansicht, wobei die beiden Elektroden mit den Kühlmittelkanälen sowie der Aufbau der Endstücke und die HF-Durchführung zu erkennen sind und

Fig. 2: den Laseraufbau gemäß Fig.1 im Längsschnitt, wobei auch dargestellt ist, wie eine Kraft **F** mit den Widerlagern **A** und **B** zum Verformen des Gehäuses eingesetzt werden kann,

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung eines Rohrgehäuses eines Lasers mit teilweiser außenseitiger Kühlverrippung,

Fig. 4 eine gegenüber Fig. 3 abgewandelte Ausführungsform mit großflächiger Verrippung der Außenseite des Rohrgehäuses,

Fig. 5 eine perspektivische Darstellung einer Kompaktausführung zur Vermeidung einer sekundären Wärmeeinleitung in das Rohrgehäuse und

Fig. 6 eine perspektivische Darstellung der Ausführungsform gemäß Fig. 5.

Der erfindungsgemäße Laser ist in Fig.1 und Fig.2 mit den Endstücken 2 und 3, die das Rohrgehäuse 1 an seinen

Enden verschließen, dargestellt. Das Rohrgehäuse 1 kann eine beliebige Form haben und kann mit den verschliegenden Endstücken 2 und 3 auch einstückig ausgeführt werden. In diesem Ausführungsbeispiel werden die innengekühlten Elektroden 5 und 6 sowie die Resonatorspiegel 12 und 13 von den jeweiligen Endstücken 2 und 3 gehalten.

Es ist auch möglich, dass die Elektroden 5 und 6 teilweise oder ausschließlich am Rohrgehäuse befestigt werden. Zum Beispiel ist es möglich die Elektroden 5 und 6 einseitig elektrisch leitend mit dem Rohrgehäuse 1 so zu verbinden, dass die Masse Elektrode/Elektroden 6 mit ihrer der HF-Durchführung 10 zugewandten Seite mit dem elektrisch leitenden oder teilweise elektrisch leitenden Rohrgehäuse 1 verbunden ist und die Gegen-Elektrode/-Elektroden 5 mit ihrer der HF-Durchführung 10 abgewandten Seite mit dem elektrisch leitenden oder teilweise elektrisch leitenden Rohrgehäuse 1 verbunden ist. Dabei ist es auch möglich die Elektroden auf der entsprechenden Seite jeweils einseitig elektrisch leitend elastisch mit den Endstücken 2 und 3 zu verbinden. Die Masseelektrode wird bevorzugt benachbart zur HF-Einspeisung geerdet.

Durch die einseitig elektrisch leitende Verbindung der Elektroden mit der auf annähernd Masse-Potential befindlichen Gehäusewand kann sich zwischen den Elektroden 5 und 6 bei Einspeisung eines hochfrequenten Wechselstromes eine elektrische Spannung aufbauen, die über den Entladungsspalt 14 relativ homogen verteilt ist. Die Spannung reicht aus, um eine Gasentladung zu zünden, die wiederum relativ homogen ist. Eine elektrisch nichtleitende Halterung oder Halterungen, die die Elektroden mit dem Rohrgehäuse verbinden, ist dagegen an jeder Position möglich. Wählt man die oben beschriebene einseitig elektrisch leitende Verbindung der Elektroden zum Rohrgehäuse, so kann diese zusätzlich

durch einzelne oder mehrere oder eine sich über die gesamte Länge der Elektrode/Elektroden erstreckende elektrisch nichtleitende Halterung ergänzt werden.

Zur Erleichterung des Verständnisses des konstruktiven Aufbaus ist in Fig. 1 ein Koordinatenkreuz mit x-, y- sowie z-Achse eingezeichnet. Die x-Achse entspricht der Verbindungsleitung zwischen den Resonatorspiegeln (12, 13) und verläuft somit in einer Längsrichtung der Elektroden (5, 6). Die y-Achse erstreckt sich quer zur Längsrichtung und liegt in einer Mittelebene zwischen beiden Elektroden (5, 6). Die z-Achse verläuft ebenfalls senkrecht zur Längsrichtung und erstreckt sich durch die beiden Elektroden (5, 6) hindurch. Gemäß einer typischen Ausführungsform wird in y-Richtung ein instabiler Resonator bereitgestellt und in z-Richtung liegt ein stabiler Resonator vor.

Weiter sind in Fig. 2 die Resonatorspiegel 12 und 13 zu erkennen. Der Spiegel 12 ist der Rückspiegel und der Spiegel 13 ist der Auskoppelspiegel des Lasers. Der Laserstrahl gelangt über das Fenster 15 ins Freie. Die Hochfrequenz wird hier über den Steckverbinder 9, die HF-Durchführung 10, in der sich ein elektrisches Anpaßnetzwerk befinden kann, und über den Steckverbinder 11 zur Elektrode/Elektroden 5 geleitet. Die Elektroden und die Resonatorspiegel sind mechanisch entkoppelt. Der Rückspiegel und der Auskoppelspiegel können hinsichtlich ihrer Anordnung vertauscht werden.

Weiter ist zu erkennen, dass die Elektroden durch ein strömendes Medium innengekühlt sind. Realisiert wurde dieses durch eine einzelne Sacklochbohrung in den Elektroden. In die Sacklochbohrung ist dann ein Röhrchen 7 eingeführt, welches einen deutlich kleineren Außen-durchmesser hat als der Innendurchmesser der Sacklochbohrung. So kann das strömende Medium über die Röhrchen

7 und 8 mit einem Kühlkreislauf verbunden werden und die Elektroden auf gesamter Länge optimal kühlen.

Bei Verwendung einer Heatpipe kann auf das innere Röhrchen verzichtet werden. Die Heatpipe kann mit kapillaren Materialien oder mit Sintermaterial ausgestattet werden. Der wesentliche Anteil der erforderlichen Wärmeabfuhr erfolgt über die Elektroden. Für Laser kleiner Leistungen kann auf eine Kühlung durch ein strömendes Medium verzichtet werden, denn hier reicht der Wärmetransport durch Wärmeleitung über die Elektroden aus.

Alternativ zum bereits erwähnten Steckverbinder (9) können auch andere elektrisch leitfähige Verbindungen verwendet werden. Gedacht ist beispielsweise an die Verwendung von Drähten oder metallischen oder metallisierten Blechen.

Im Bereich der HF-Durchführung (10) wird zur Verbesserung der elektrischen Eigenschaften ein Entkopplungsnetzwerk angeordnet. Typischerweise befindet sich zwischen dem Steckverbinder (9) und dem Steckverbinder (11) die Reihenschaltung einer Induktivität sowie eines Kondensators, wobei der Kondensator unmittelbar neben dem Steckverbinder (11) angeordnet ist. Im Bereich einer Verbindung der Induktivität zum Steckverbinder (9) ist diese Verbindungsleitung über einen weiteren Kondensator mit einem Gehäuse der HF-Durchführung (10) verbunden, das typischerweise auf Massepotential liegt. Dieser zweite Kondensator ist möglichst dicht am Steckverbinder (9) positioniert.

Zur Vergrößerung der mechanischen Stabilität der Anordnung gemäß Fig. 2 ist es möglich, mindestens eine der Elektroden (5, 6) zusätzlich über elektrisch nichtleitende Distanzstücke gegenüber dem Rohrgehäuse (1) abzustützen. Die Distanzelemente werden dabei bevorzugt

in der Nähe desjenigen Endes der Elektroden (5, 6) angeordnet, das dem jeweils zugeordneten Endstück (2, 3) abgewandt positioniert ist. Fig. 2 veranschaulicht, daß die Elektroden (5, 6) über die elektrisch leitenden Endstücke (2, 3) sowie das elektrisch leitende Rohrgehäuse gleichstommäßig kurzgeschlossen sind. Hinsichtlich der anliegenden Hochfrequenz erfolgt aufgrund der Induktivität des Rohrgehäuses (1) hinsichtlich der hohen Frequenzen aber eine weitgehende elektrische Entkopplung trotz des vorliegenden gleichstommäßigen Kurzschlusses.

Fig. 2 veranschaulicht ebenfalls, daß die Resonatorspiegel (12, 13) nicht auf den Elektroden (5, 6) angeordnet bzw. starr mit diesen verbunden sind. Die Verbindung erfolgt lediglich über die jeweils zugeordneten Endstücke (2, 3) des Rohrgehäuses (1). Es ist somit grundsätzlich möglich, die Resonatorspiegel (12, 13) unabhängig von den Elektroden (5, 6) zu justieren. Ebenfalls führen thermische Spannungen oder Verformungen der Elektroden (5, 6) nicht zu Positionsveränderungen der Resonatorspiegel (12, 13).

Alternativ zu der in Fig. 2 dargestellten Halterung der Elektroden (5, 6) über die Endstücke (2, 3) ist es auch möglich, die Elektroden (5, 6) seitlich über Halterungselemente mit dem Rohrgehäuse (1) zu verbinden. Dies erfolgt ähnlich wie bei den bereits erläuterten Distanzstücken, wobei die Halterungselemente allerdings elektrisch leitend ausgebildet sind und auch die Zuführung des erforderlichen Kühlmediums dann abgewinkelt über diese Halterungssegmente zu erfolgen hat.

Hinsichtlich der Speisung des Lasers mit Hochfrequenz über die Hochfrequenz-Durchführung (10) wird der Hochfrequenz-Durchführung (10) typischerweise ein Hochfrequenzverstärker vorgeschaltet, um die erforderlichen Spannungen bereitzustellen. Diese Hochfrequenzverstärker können in Abhängigkeit von den jeweiligen Anwendungsan-

forderungen in den Betriebsarten Class A, B, AB, C, D oder E betrieben werden.

Der Laser kann im Dauerstrichbetrieb oder im Impulsbetrieb betrieben werden. Ein Problem bei einem Betrieb von gepulsten Lasern besteht darin, daß eine nennenswerte Laserenergieabgabe erst nach einer Einschaltverzögerung erfolgt. Die Einschaltverzögerung für jeden Puls kann typischerweise bis 100 Mikrosekunden betragen. Diese Einschaltverzögerungen werden bei vielen Anwendungen als äußerst störend empfunden und vermindern die Qualität der mit den Lasern erreichten Arbeitsergebnisse. Unabhängig vom jeweiligen konstruktiven Aufbau des Lasers sowie der konkreten Justage der verwendeten Bauelemente besteht eine Lösung des Problems dieser Einschaltverzögerung darin, für den Laser eine Betriebsweise sowie eine Geometrie der Elektroden (5, 6) vorzusehen, die die Einschaltverzögerung wesentlich vermindert.

Gemäß dem Stand der Technik bestehen die Resonatorspiegel (12, 13) aus gebogenen Spiegelflächen mit einem konstanten Krümmungsradius. Nach einer Einspeisung des Hochfrequenzsignals über die Hochfrequenzdurchführung (10) ist zunächst eine Reihe von Reflexionsdurchläufen zwischen den Resonatorspiegeln (12, 13) erforderlich, um derart viele Photonen aus der Elektrodenemission aufzunehmen, daß eine ausreichende Signalintensität vorliegt, um einen Laserbetrieb zu ermöglichen.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, die Elektroden (5, 6) derart anzuordnen bzw. auszubilden, daß permanent ein lokal begrenztes Plasma, vorzugsweise geringer Intensität brennt, sodaß unmittelbar nach Zuschaltung des Hochfrequenzsignals mit für den Laserbetrieb erforderliche Amplitude mit extrem geringer Zeitverzögerung eine Ausbreitung des Plasmas im gesamten Distanzbereich zwischen den Elektroden (5, 6) erfolgen

kann. Eine Einschaltverzögerung des Lasers wird hierdurch extrem minimiert.

Zur Bereitstellung eines entsprechenden Grundplasmas mit vorzugsweise geringer Intensität ist es beispielsweise möglich, mindestens eine der Elektroden (5, 6) mit einem Profil derart zu versehen, daß lokal begrenzt ein geringerer Abstand zwischen den Elektroden (5, 6) vorliegt als im übrigen Ausdehnungsbereich und daß in diesem Bereich mit geringem Elektrodenabstand lokal begrenzt das Grundplasma brennt. Das Profil kann beispielsweise als Verdickung einer der Elektroden (5, 6) ausgebildet sein und sowohl in einem Randbereich oder in einem Zentralbereich der Elektroden (5, 6) positioniert werden. Das Grundplasma brennt vorzugsweise entlang eines schmalen Streifens zwischen den Resonatortorspiegeln in x-Richtung. Die schmale Seite des Streifens des Streifens verläuft in y-Richtung.

Gemäß einer anderen Ausführungsform ist es auch möglich, eine Zusatzelektrode zu verwenden, die eine geringe räumliche Ausdehnung aufweist und zwischen der und einer der Elektroden (5, 6) das Grundplasma, vorzugsweise geringer Intensität und geringer räumlicher Ausdehnung brennt. Gemäß einer weiteren Ausführungsform sind die Elektroden (5, 6) nicht parallel, sondern leicht verkippt und somit um die x-Achse verdreht relativ zueinander angeordnet. Durch die Verkipfung wird ein lokal begrenzter Bereich eines geringsten Elektrodenabstandes bereitgestellt, wobei in diesem Bereich das Grundplasma generiert werden kann. Gemäß einer weiteren Variante ist es möglich, mindestens eine der Elektroden (5, 6) mit einer lokal begrenzten Beschichtung zu versehen, die die Entstehung eines Grundplasmas in diesem Bereich begünstigt. Darüber ist es auch möglich, lokal begrenzte spezielle Oberflächenrauhigkeiten oder Oberflächenstrukturen einzusetzen.

Als vorteilhaft erweist es sich insbesondere, daß Grundplasma mit geringer räumlicher Ausdehnung und vorzugsweise geringer Intensität derart zu lokalisieren, daß es in einem Bereich brennt, in dem die Resonatorspiegel (12, 13) parallel zueinander angeordnete Bereiche aufweisen. An dieser Positionierung gibt es eine stehende Grundlaserleistung im Resonator, die nicht oder sehr gering ausgekoppelt wird. Bei konfokalen Resonatoren ist es vorteilhaft, wenn die Mittelachse (x-Richtung) des schmalen Streifens mit dem lokalen Grundplasma senkrecht zu beiden Spiegelflächen steht und durch den gemeinsamen Fokus verläuft.

Ein weiteres Problem bei einem Betrieb von Slab-Lasern besteht darin, daß nach einem Einschalten des Lasers die Strahlungswege zwischen den Resonatorspiegeln (12, 13) aufgrund der vorliegenden Spiegelgeometrie nicht die gewünschte Gleichmäßigkeit hinsichtlich der räumlichen Veränderung des Ausbreitungsweges in y-Richtung besitzen. Dies resultiert daraus, daß bei den gemäß dem Stand der Technik verwendeten Spiegeln mit konstanten Krümmungsradien ausgehend von einem Spiegelbereich, in dem die Spiegelflächen der beiden Resonatorspiegel (12, 13) parallel zueinander ausgerichtet sind, mit zunehmendem Abstand zu diesem Parallelbereich die Winkelstellung zwischen den beiden Resonatorspiegeln (12, 13) zunimmt und hierdurch permanent zunehmende Reflexionswinkel verursacht werden. Wünschenswert wären vergleichsweise konstante Reflexionswinkel bzw. nur geringe Variationen dieser Winkel.

Unabhängig von allen bereits beschriebenen Ausführungsformen ist gemäß der Erfindung vorgesehen, die Spiegelflächen der Resonatorspiegel (12, 13) in y-Richtung derart zu gestalten, daß eine Vergleichmäßigung der Strahlungsausbreitung unterstützt wird. Dies wird dadurch erreicht, daß mindestens einer der Resonatorspiegel (12, 13) mit einem veränderlichen Krümmungs-

radius versehen wird. Als vorteilhaft erweist es sich, statt der üblichen Gestaltung entsprechend einem Kreisbogensegment eine Begrenzung entsprechend einem Umfangssegment einer Ellipse zu verwenden. Es ist auch eine Anreihung unterschiedlicher Krümmungsradien mit unstetigen Krümmungsübergängen möglich. Insbesondere wird ein Bewegungsverlauf derart gewählt, daß eine konstante Querausbreitung der Laserstrahlung erreicht wird. Durch diese Maßnahmen wird erreicht, daß die Verluste minimiert werden, indem die Anzahl der Reflexionen minimiert wird.

Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform des Rohrgehäuses (1) mit außenseitig angeordneten Kühlrippen (16). Entlang einer Längsrichtung (17) des Rohrgehäuses (1) erstrecken sich die Kühlrippen (16) nur über einen Teil der Längsausdehnung. Dies erweist sich insbesondere bei Lasern kleinerer Leistungen als vorteilhaft. Beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 sind jeweils im Bereich der beiden Enden des Rohrgehäuses (1) und somit den Endstücken (2, 3) zugewandt Kühlrippen (16) angeordnet und ein mittlerer Bereich der Außenwandung des Rohrgehäuses (1) ist frei von Kühlrippen (16) ausgebildet. Im Bereich des Endstückes (2) ist darüber hinaus ein Austrittsfenster (15) für den generierten Laserstrahl zu erkennen.

Fig. 4 zeigt eine gegenüber Fig. 3 abgewandelte Ausführungsform, bei der sich die Kühlrippen (16) über die gesamte Längsausdehnung des Rohrgehäuses (1) erstrecken. Eine derartige Konstruktion erweist sich für größere Leistungen des Lasers als vorteilhaft. Die Kühlrippen (16) führen zum einen zu einer Wärmeabstrahlung, darüber hinaus erfolgt eine mechanische Versteifung des Rohrgehäuses (1). Die Kühlrippen können auch andere räumliche Orientierungen besitzen und/oder gebogen verlaufen.

Gemäß der Ausführungsform in Fig. 5 ist das Rohrgehäuse (1) in einen Träger (19) eingesetzt, der mit Kühlrippen

(20) versehen ist. Das Rohrgehäuse (1) selbst ist bei dieser Ausführungsform vorzugsweise frei von Kühlrippen ausgebildet. Der Träger (19) besteht beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 aus zwei mit ihren Kühlrippen (20) gegeneinander geführten Kühlkörpern (21, 22). Mindestens einer der Kühlkörper (21, 22) ist mit einer Lüftungsausnehmung (23) zur Verbindung mit einem Lüfter (24) versehen. Der Lüfter (24) kann entweder wie gemäß Fig. 5 gezeigt fest am Träger (19) installiert sein, es ist aber auch möglich, den Lüfter (24) mit einem Abstand zum Träger (19) anzuordnen. Die von den Elektroden (5, 6) abgeföhrte Wärme wird über eine Heatpipe (25) in die Kühlkörper (21, 22) eingeleitet und von diesen an eine Umgebung abgestrahlt. Es können auch mehrere Lüfter einseitig oder mehrseitig verwendet werden.

Zur weiteren Verdeutlichung des konstruktiven Aufbaus der Vorrichtung gemäß Fig. 5 ist in Fig. 6 eine Explosionsdarstellung der Anordnung gemäß Fig. 5 dargestellt. Es ist zu erkennen, daß die Kühlkörper (21, 22) eine Innenkontur aufweisen, die an eine Außenkontur des Rohrgehäuses (1) angepaßt ist. Insbesondere ist daran gedacht, das Rohrgehäuse (1) mit einem Außendurchmesser zu versehen, der etwas geringer als der von den Kühlkörpern (21, 22) bereitgestellte Aufnahmeraum dimensioniert ist. Hierdurch wird ein Kontakt des Rohrgehäuses (1) mit den Kühlkörpern (21, 22) verhindert bzw. zumindest minimiert.

Dieser Konstruktion liegt die Erkenntnis zugrunde, daß zur Vermeidung einer Erwärmung des Rohrgehäuses (1) sowohl einwirkende Wärme aus dem Inneren des Rohrgehäuses (1) als auch eine Wärmeübertragung von außen bzw. eine Wärmeübertragung über die Endstücke (2, 3) zu vermeiden ist. Es wird hierdurch vermieden, wesentliche Wärmemengen über das Rohrgehäuse nach außen zu leiten. Gemäß einer Ausführungsvariante ist auch daran gedacht, die Elektroden (5, 6) thermisch isoliert im Bereich der

Endstücke (2, 3) zu halten und den Wärmetransport von den Elektroden (5, 6) an den/die Kühlkörper (21, 22) über ein strömendes Medium in den Röhren (25) zu realisieren. Das geschieht vorteilhafter Weise über eine Heatpipe.

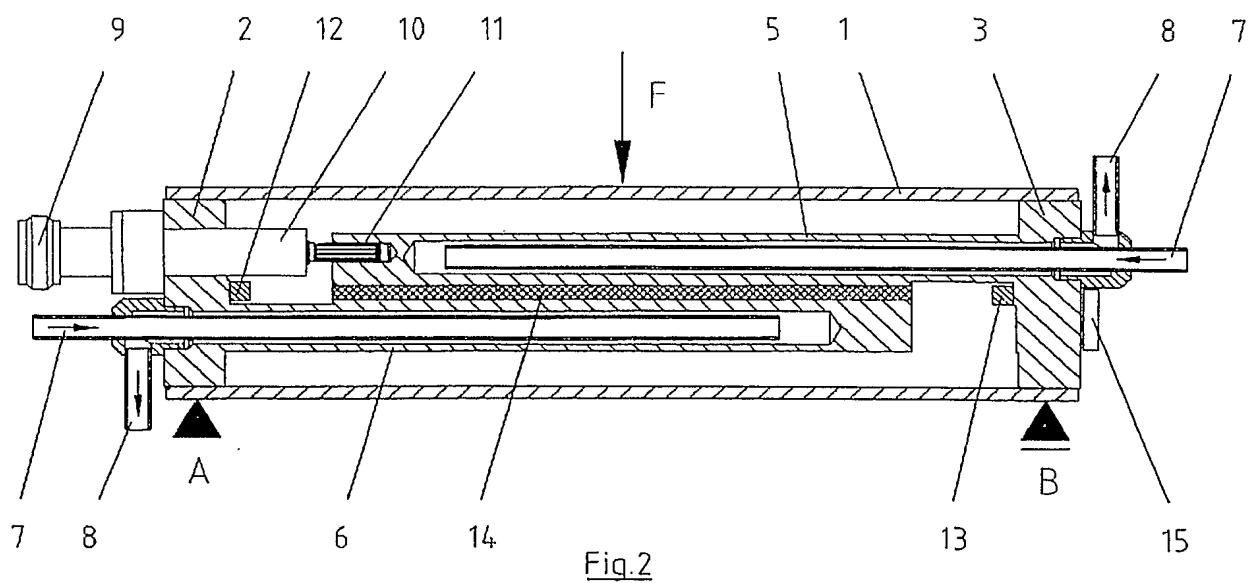
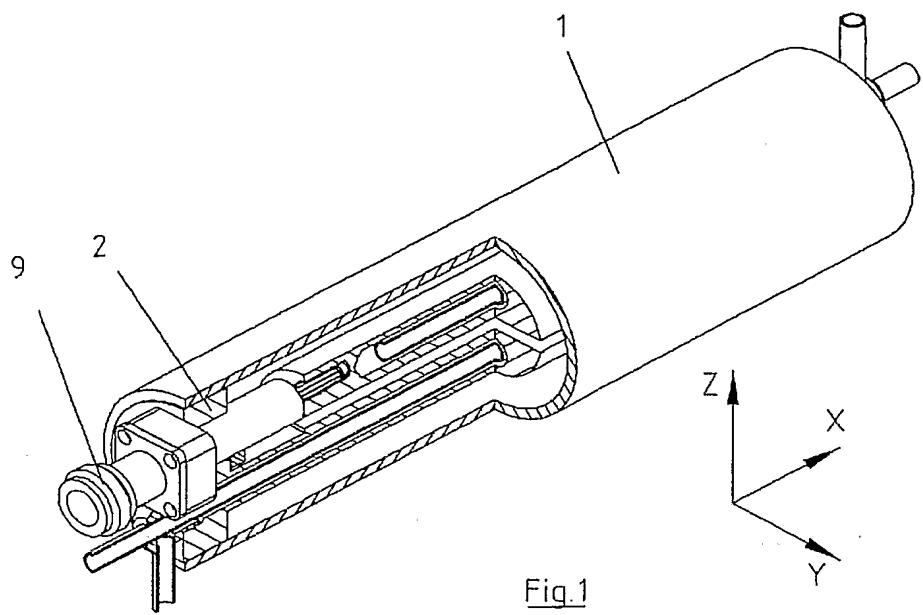
Alternativ ist es ebenfalls denkbar, zwar einen wärmeleitenden Kontakt zwischen den Elektroden (5, 6) und den Endstücken (2, 3) vorzusehen, die Endstücke (2, 3) jedoch wärmeisoliert gegenüber dem Rohrgehäuse (1) anzuordnen. Bei Verwendung von wärmeisolierenden Materialien zwischen den Elektroden (5, 6) und den Endstücken (2, 3) bzw. zwischen den Endstücken (2, 3) und dem Rohrgehäuse (1) kann die erforderliche elektrische Verbindung durch Drähte oder andere Leiter erfolgen, die den thermischen Isolator elektrisch leitend überbrücken, selbst aber nur zu einer geringen Wärmeübertragung führen.

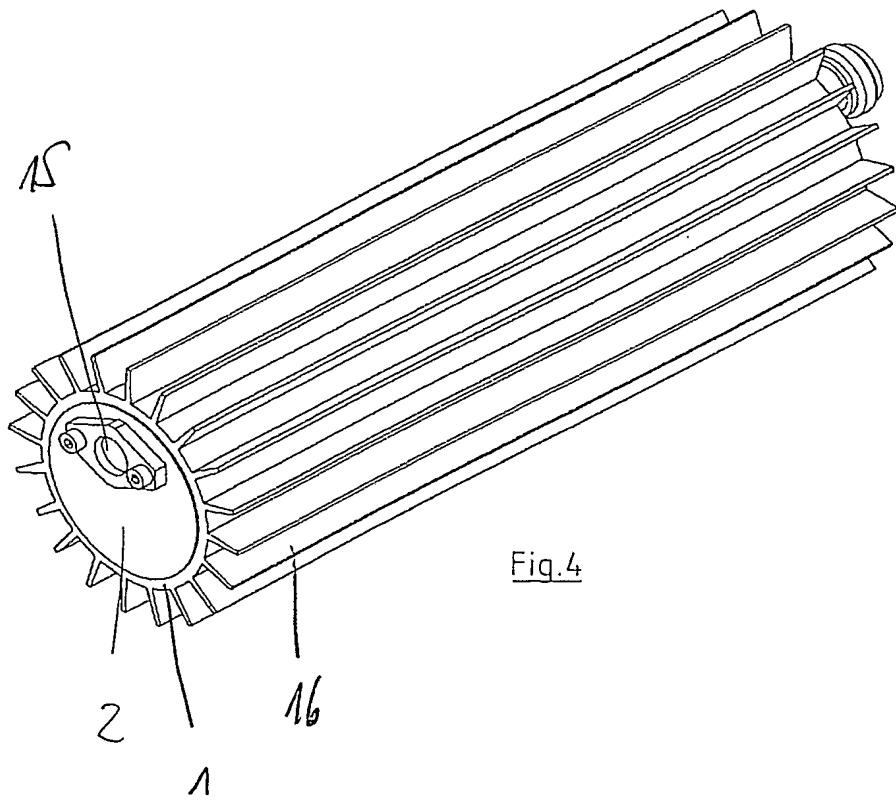
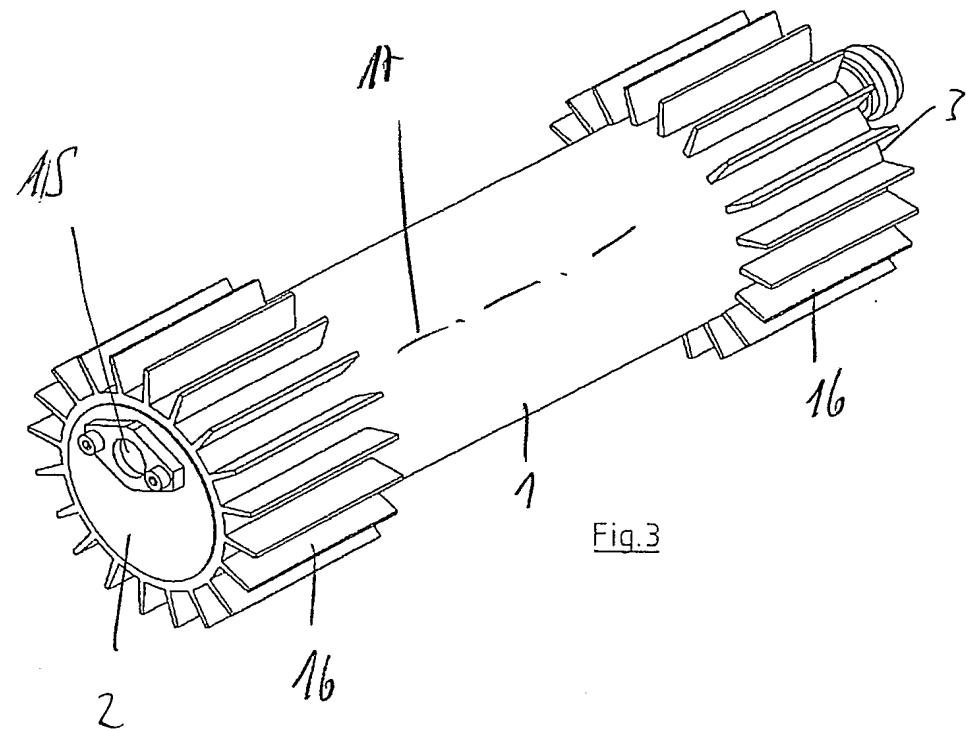
Zu erkennen ist in Fig. 6 insbesondere, daß in den Kühlkörpern (21, 22) Kühlbohrungen (26) angeordnet sind, die mit entsprechenden Kühlausnehmungen der Heatpipe (25) bzw. den in Fig. 2 eingezeichneten Röhrchen (7, 8) verbunden sind. Es kann hierdurch eine Zirkulation des Kühlfluids durch die Röhrchen (7, 8), die Heatpipe (25) und die Kühlkörper (21, 22) hindurch erfolgen, um eine optimale Wärmeabfuhr und Kühlung zu unterstützen.

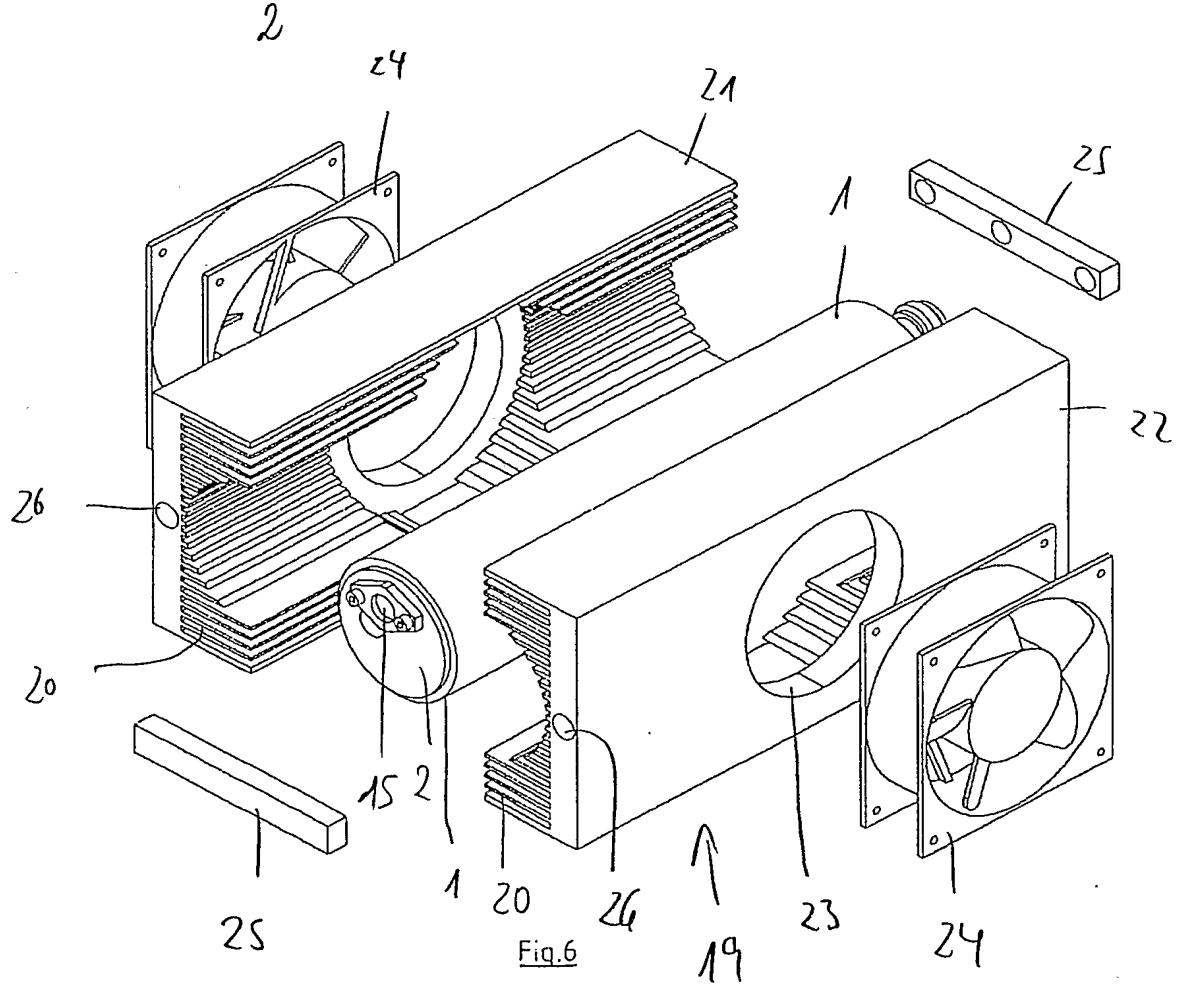
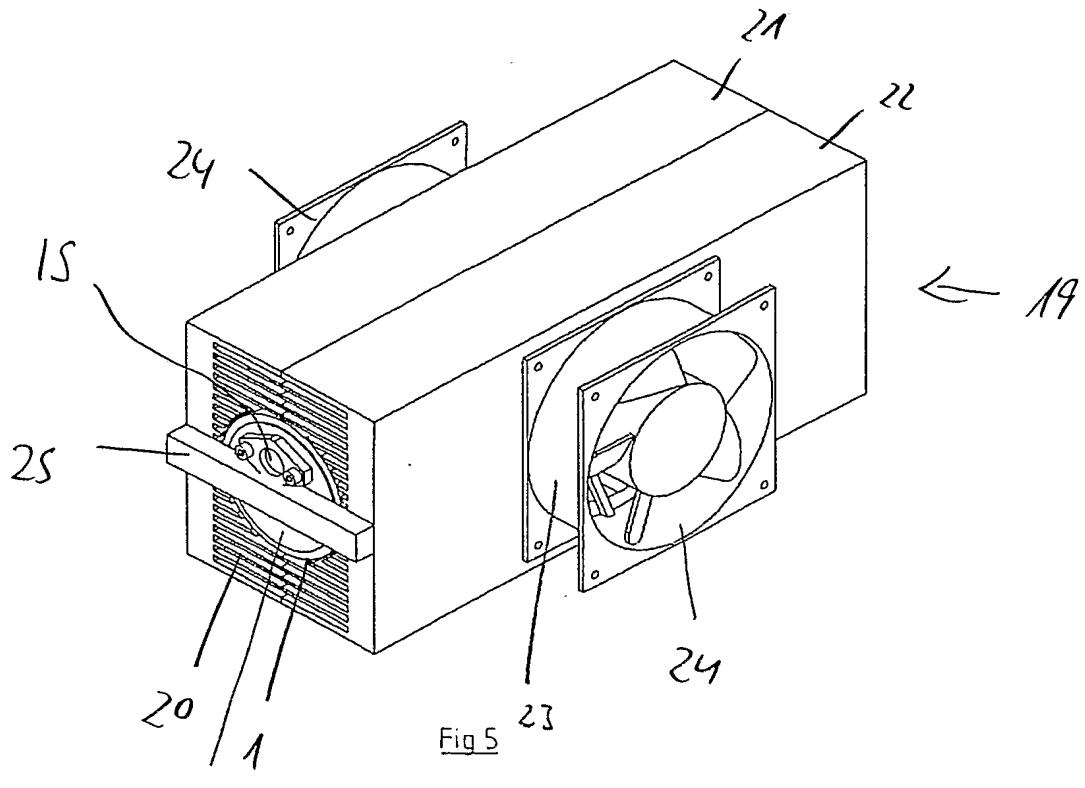
Die vorstehend erläuterte möglichst weitgehend thermisch isolierte Anordnung des Rohrgehäuses (1) erweist sich nicht nur bei Slab-Lasern, sondern generell für Laser als vorteilhaft, bei denen eine Verformung des Rohrgehäuses zur Vermeidung von Dejustierungen weitgehend zu vermeiden ist.

PATENTANSPRÜCHE

1. Gas-Slablaser mit einem durch ein Gehäuse 1 begrenzten gasgefüllten Raum, mit mindestens zwei durch Hochfrequenz angeregten Elektroden, die sich in das Gehäuse erstrecken, einander überlappen und einen Entladungsraum bilden, und mit Resonatorspiegeln, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator justiert wird, indem das Gehäuse 1 und/oder 2 und 3 plastisch verformt werden und somit die nötige räumliche Ausrichtung der Resonatorpiegel zueinander erreicht wird.
2. Gas-Slablaser mit einem durch ein Gehäuse 1 begrenzten gasgefüllten Raum, mit mindestens zwei durch Hochfrequenz angeregten Elektroden, die sich in das Gehäuse erstrecken, einander überlappen und einen Entladungsraum bilden, und mit Resonatorspiegeln, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator justiert wird, indem das Gehäuse 1 und/oder 2 und 3 elastisch durch Aufbringen einer ständigen Kraft verformt werden und somit die nötige räumliche Ausrichtung der Resonatorpiegel zueinander erreicht wird.







INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No
PCT/DE2005/000510A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01S3/086 H01S3/034

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category ^o	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 198 52 284 A1 (TAUFENBACH, NORBERT) 25 May 2000 (2000-05-25) cited in the application	1
X	column 1, line 3 - column 2, line 68 column 3, line 23 - column 4, line 32 figures 2-5	2
Y	DE 30 43 016 A1 (NIPPON ELECTRIC CO.,LTD) 3 December 1981 (1981-12-03) page 6, paragraph 1 - page 7, paragraph 2 page 10, paragraph 2 - page 11, paragraph 1 figures 2,4	1
Y	US 4 893 314 A (SHULL ET AL) 9 January 1990 (1990-01-09) the whole document	1
		-/-

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

3 June 2005

15/06/2005

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sauerer, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2005/000510

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 856 020 A (ORTIZ ET AL) 8 August 1989 (1989-08-08) figures 1,2 column 1, line 5 - column 4, line 66 -----	1
X	US 3 537 030 A (LUCIEN PROSPER DORBEC ET AL) 27 October 1970 (1970-10-27) figures 2,5,6,10 column 5, line 3 - column 6, line 12 column 9, line 10 - column 10, line 75 -----	2
Y	EP 0 531 781 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; CARL ZEISS JENA GMBH) 17 March 1993 (1993-03-17) column 2, line 38 - column 4, line 19 figure 1 -----	1
A	DE 41 19 025 A1 (THYZEL, REINHARDT, 8501 HEROLDSBERG, DE) 17 December 1992 (1992-12-17) the whole document -----	1,2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International Application No
PCT/DE2005/000510

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
DE 19852284	A1 25-05-2000	AU 1771300 A	WO 0030222 A1	DE 29824072 U1	05-06-2000 25-05-2000 06-07-2000
		EP 1138100 A1	US 6853668 B1		04-10-2001 08-02-2005
DE 3043016	A1 03-12-1981	JP 56070680 A			12-06-1981
US 4893314	A 09-01-1990	NONE			
US 4856020	A 08-08-1989	NONE			
US 3537030	A 27-10-1970	FR 1461376 A	FR 89308 E	FR 89318 E	25-02-1966 09-06-1967 09-06-1967
		FR 89323 E	BE 677604 A	DE 1514713 A1	09-06-1967 09-09-1966 28-08-1969
		GB 1128947 A	LU 50729 A	GB 1128947 A	02-10-1968 23-05-1966
		NL 6603824 A ,B			26-09-1966
EP 0531781	A 17-03-1993	DE 59204990 D1	EP 0531781 A1	US 5278859 A	22-02-1996 17-03-1993 11-01-1994
DE 4119025	A1 17-12-1992	US 5258992 A			02-11-1993

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen

PCT/DE2005/000510

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01S3/086 H01S3/034

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 198 52 284 A1 (TAUFENBACH, NORBERT) 25. Mai 2000 (2000-05-25) in der Anmeldung erwähnt	1
X	Spalte 1, Zeile 3 – Spalte 2, Zeile 68 Spalte 3, Zeile 23 – Spalte 4, Zeile 32 Abbildungen 2-5	2
Y	DE 30 43 016 A1 (NIPPON ELECTRIC CO., LTD) 3. Dezember 1981 (1981-12-03) Seite 6, Absatz 1 – Seite 7, Absatz 2 Seite 10, Absatz 2 – Seite 11, Absatz 1 Abbildungen 2,4	1
Y	US 4 893 314 A (SHULL ET AL) 9. Januar 1990 (1990-01-09) das ganze Dokument	1
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchebericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Rechercheberichts

3. Juni 2005

15/06/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Sauerer, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2005/000510

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 856 020 A (ORTIZ ET AL) 8. August 1989 (1989-08-08) Abbildungen 1,2 Spalte 1, Zeile 5 – Spalte 4, Zeile 66 -----	1
X	US 3 537 030 A (LUCIEN PROSPER DORBEC ET AL) 27. Oktober 1970 (1970-10-27) Abbildungen 2,5,6,10 Spalte 5, Zeile 3 – Spalte 6, Zeile 12 Spalte 9, Zeile 10 – Spalte 10, Zeile 75 -----	2
Y	EP 0 531 781 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; CARL ZEISS JENA GMBH) 17. März 1993 (1993-03-17) Spalte 2, Zeile 38 – Spalte 4, Zeile 19 Abbildung 1 -----	1
A	DE 41 19 025 A1 (THYZEL, REINHARDT, 8501 HEROLDSBERG, DE) 17. Dezember 1992 (1992-12-17) das ganze Dokument -----	1,2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/000510

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19852284	A1	25-05-2000		AU 1771300 A WO 0030222 A1 DE 29824072 U1 EP 1138100 A1 US 6853668 B1		05-06-2000 25-05-2000 06-07-2000 04-10-2001 08-02-2005
DE 3043016	A1	03-12-1981	JP	56070680 A		12-06-1981
US 4893314	A	09-01-1990		KEINE		
US 4856020	A	08-08-1989		KEINE		
US 3537030	A	27-10-1970		FR 1461376 A FR 89308 E FR 89318 E FR 89323 E BE 677604 A DE 1514713 A1 GB 1128947 A LU 50729 A NL 6603824 A ,B		25-02-1966 09-06-1967 09-06-1967 09-06-1967 09-09-1966 28-08-1969 02-10-1968 23-05-1966 26-09-1966
EP 0531781	A	17-03-1993		DE 59204990 D1 EP 0531781 A1 US 5278859 A		22-02-1996 17-03-1993 11-01-1994
DE 4119025	A1	17-12-1992	US	5258992 A		02-11-1993